

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-185210

**(43)Date of publication of application : 09.07.1999**

(51)Int.Cl.

**G11B 5/09**

**G11B 5/02**

**G11B 20/18**

**G11B 20/18**

**G11B 20/18**

**(21)Application number : 09-357512**

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 25.12.1997

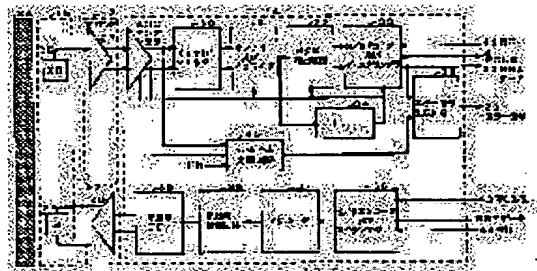
(72)Inventor : TAKAHASHI TAKESHI

(54) MAGNETIC DISK DEVICE AND ERROR CORRECTING METHOD FOR THE SAME

**(57)Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To correct the error of reproduced data by comparing a reproduced signal from a storage medium with a prescribed threshold signal and generating an error signal from an output signal in the reproduced signal exceeds the threshold signal and reproduced data to specify error data to be included in the reproduced data.

**SOLUTION:** When an error signal is generated, in the case a thermal asperity is generated in a target sector, a reproduced signal having as waveform transient by the TA is outputted from an AGC amplifier 29, and the reproduced signal and a prescribed threshold signal  $T_h$  are inputted to a TA level comparing circuit 40. Then, the output signal of the TA level comparing circuit 40 becoming ON in a period the absolute value of the reproduced signal exceeds the absolute value of the threshold  $T_h$  is transmitted to an error signal generating circuit 35. An error signal 23 specifying an error signal expressing the length of error data itself is outputted in the circuit 35 by selecting the logical sum between the output of the circuit 40 and NRZ data from an 8/9 decoder and descrambler 33 or either of them and when the error data are longer than the instantly correctable data length of an ECC, an instant correction is executed.



(11)特許出願公開番号

(43)公開日 平成11年(1999)7月9日

審査請求 未請求 請求項の数29 OL (全 17 頁) 最終頁に続く

(74)代理人 弁理士 岡本 啓三

[illegible]

1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 記録媒体から読み取られた再生信号と所定の閾値信号を入力し、該再生信号が該閾値信号を越えたとき出力する比較回路と、

前記比較回路の出力信号と前記記録媒体からの再生データとから、エラー信号を生成するエラー信号生成回路とを備えたエラーデータ訂正装置。

【請求項2】 請求項1に記載のエラーデータ訂正装置において、更に、

前記エラー信号に基づいて、前記再生データに含まれたエラーデータの存在箇所を特定する手段を備えたエラーデータ訂正装置。

【請求項3】 請求項1に記載のエラーデータ訂正装置において、

前記再生信号に、サーマル・アスぺリティによって生じた波形トランジェントが含まれ、これに起因してエラーデータが発生している、エラーデータ訂正装置。

【請求項4】 請求項1に記載のエラーデータ訂正装置において、

前記比較回路は、前記記録媒体から読み取られた再生信号と所定の閾値信号を入力し、該再生信号の絶対値が該閾値信号の絶対値を越えたとき信号を出力する、エラーデータ訂正装置。

【請求項5】 請求項1に記載のエラーデータ訂正装置において、

前記エラー信号生成回路は、前記比較回路の出力信号と前記記録媒体媒体からの再生データの任意の一方を選択して、エラー信号として出力する、エラーデータ訂正装置。

【請求項6】 請求項1に記載のエラーデータ訂正装置において、

前記エラー信号生成回路は、前記比較回路の出力信号と前記記録媒体媒体からの再生データとの論理和をとって、エラー信号として出力する、エラーデータ訂正装置。

【請求項7】 請求項1に記載のエラーデータ訂正装置において、更に、

前記エラー信号とリード・クロックとが入力されるカウンタ回路を備え、該エラー信号の発生するまでの期間、該リード・クロックをカウントして、前記再生データに含まれたエラーデータの存在箇所を特定する、エラーデータ訂正装置。

【請求項8】 請求項7に記載のエラーデータ訂正装置において、更に、

前記カウンタ回路に接続されたレジスタ回路を設けている、エラーデータ訂正装置。

【請求項9】 請求項1に記載のエラーデータ訂正装置において、

前記再生データに含まれたエラーデータの存在箇所の特定は、前記再生データのセクタの先頭からのバイト数に

2

よって特定する、エラーデータ訂正装置。

【請求項10】 請求項1に記載のエラーデータ訂正装置において、

前記エラー信号に基づいて、前記再生データに含まれたエラーデータの長さを特定する、エラーデータ訂正装置。

【請求項11】 請求項10に記載のエラーデータ訂正装置において、更に、

前記エラー信号とリード・クロックとが入力されるカウンタ回路を備え、該エラー信号の発生している期間、該リード・クロックをカウントして、前記再生データに含まれたエラーデータの長さを特定する、エラーデータ訂正装置。

【請求項12】 請求項11に記載のエラーデータ訂正装置において、更に、

前記カウンタ回路に接続されたレジスタ回路を設けている、エラーデータ訂正装置。

【請求項13】 請求項11に記載のエラーデータ訂正装置において、

前記再生データに含まれたエラーデータの長さの特定は、前記再生データのエラーデータのバイト数によって特定する、エラーデータ訂正装置。

【請求項14】 記録媒体から記録データを再生する再生回路と、

前記再生回路に用いられ、再生データのビット数を変換するデコードと、

前記再生データのランレングス制約に基づいて、エラー信号を生成する手段とを備えたエラーデータ訂正装置。

【請求項15】 請求項14に記載のエラーデータ訂正装置において、

前記デコードは、8/9変換コードを採用している、エラーデータ訂正装置。

【請求項16】 請求項15に記載のエラーデータ訂正装置において、

前記ランレングス制約は、 $8/9 (0, n/m)$  で表されるゼロ制約を採用している、エラーデータ訂正装置。

【請求項17】 請求項16に記載のエラーデータ訂正装置において、

前記ランレングス制約は、 $8/9 (0, 4/4)$  で表されるゼロ制約を採用している、エラーデータ訂正装置。

【請求項18】 請求項16に記載のエラーデータ訂正装置において、

前記ランレングス制約は、 $8/9 (0, 3/5)$  で表されるゼロ制約を採用している、エラーデータ訂正装置。

【請求項19】 記録媒体から読み取られた再生信号と所定の閾値信号を入力し、該再生信号が該閾値信号を越えたとき出力する比較回路と、前記比較回路の出力信号と前記記録媒体からの再生データとから、第1のエラー信号を生成するエラー信号生成回路と、

前記再生回路に用いられ、再生データのビット数を変換

するデコーダと、

前記再生データのランレングス制約に基づいて、第2のエラー信号を生成する手段と、前記第1のエラー信号と前記第2のエラー信号とを選択する手段とを備えたエラーデータ訂正装置。

【請求項20】 請求項1～19のいずれか一項に記載のエラーデータ訂正装置を備えた磁気ディスク装置。

【請求項21】 請求項20に記載の磁気ディスク装置において、

前記記録媒体は磁気ディスク媒体である、磁気ディスク装置。

【請求項22】 磁気ディスク媒体に記録されたデータをパシカル・レスポンス・マキシマム・ライクリフッドを使用して復号する復号回路と、

前記磁気ディスク媒体から再生された再生信号が所定の閾値を越えたとき出力する比較回路と、

前記比較回路の出力と、前記パシカル・レスポンス・マキシマム・ライクリフッドを使用して復号されたデータを使用して、該復号データの中のエラーデータの箇所及び長さを特定する手段と、

ECCオンザフライを実行するハードウェア方式の即時訂正手段と、

ソフトECCを実行する手段と、

前記エラーデータの長さがECCオンザフライで訂正可能なときは、前記即時訂正手段によりエラー訂正し、ECCオンザフライで訂正不能なときは、前記ソフトECCによりエラー訂正する手段とを備えた、磁気ディスク装置。

【請求項23】 請求項22に記載の磁気ディスク装置において、

前記パシカル・レスポンス・マキシマム・ライクリフッドはクラス4である、磁気ディスク装置

【請求項24】 磁気ディスク媒体に記録されたデータをパシカル・レスポンス・マキシマム・ライクリフッドを使用して復号する復号回路と、

前記復号回路に用いられ、再生データのビット数を変換するデコーダと、

前記再生データのランレングス制約に基づいて、エラー信号を生成する手段と、

前記エラー信号を生成する手段で生成されたエラー信号と、前記パシカル・レスポンス・マキシマム・ライクリフッドを使用して復号されたデータを使用して、該復号データの中のエラーデータの箇所及び長さを特定する手段と、

ECCオンザフライを実行するハードウェア方式の即時訂正手段と、ソフトECCを実行する手段と、

前記エラーデータの長さがECCオンザフライで訂正可能なときは、前記即時訂正手段によりエラー訂正し、ECCオンザフライで訂正不能なときは、前記ソフトECCによりエラー訂正する手段とを備えた磁気ディスク装

置。

【請求項25】 請求項24に記載の磁気ディスク装置において、更に、

前記ソフトECCによりエラー訂正が適正に終わらなかったときは、再読み込み処理を実行する手段を備えた、磁気ディスク装置。

【請求項26】 記録媒体から読み取られた再生信号と所定の閾値信号を比較し、該再生信号が該閾値信号を越えるとき信号を出力し、

10 前記信号と前記記録媒体からの再生データとから、エラーデータに対応するエラー信号を発生し、

前記エラー信号に基づいて、前記再生データに含まれたエラーデータの存在箇所を特定する、エラーデータ訂正方法。

【請求項27】 請求項26に記載のエラーデータ訂正方法において、更に、前記エラー信号に基づいて、前記再生データに含まれたエラーデータの長さを特定する、エラーデータ訂正方法。

20 【請求項28】 磁気ディスク媒体から再生されたデータに含まれるエラーデータの存在箇所と該エラーデータの長さを特定し、

前記エラーデータの長さが即時訂正可能か否かを判断し、

即時訂正可能なときは即時訂正を実行し、

即時訂正不能なときはソフトECCを実行する、エラーデータ訂正方法。

【請求項29】 請求項28に記載のエラーデータ訂正方法において、更に、

30 前記ソフトECCを実行した後、交代領域へ自動交代処理を実行する、エラーデータ訂正方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、一般にコンピュータの補助記憶装置として利用されている磁気ディスク装置及び磁気ディスク装置のエラー訂正方法に関する。

【0002】

【従来の技術】パーソナル・コンピュータ、オフィス・コンピュータなどのOA機器は急速な技術進歩に支えられ、小型化・高性能化が一段と加速されている。それに伴い小型・高速・大容量ファイルの需要が急増しており、小型ハードディスクも5.25インチ、3.5インチ及び2.5インチの装置が使用されている。

【0003】最近では、磁気ディスク装置においては、磁気ディスク媒体の記録密度の向上、スピンドル回転数の高速化等によりデータ転送速度の高速化等が図られており、このため磁気ディスク媒体の回転数(円周速度)に依存せず、再生時に高出力レベルを確保できるMR(magnetoresistive)ヘッドが使用され始めている。

【0004】

50 【発明が解決しようとする課題】再生用ヘッドとしてM

5

Rヘッドを使用する場合、負圧により磁気ディスク媒体表面から記録／再生ヘッドが30～50nm程度しか浮上していない。磁気ディスク装置の動作開始前は、記録再生ヘッドは静止している磁気ディスク表面に接触して停止している。もし、磁気ディスク媒体の表面が鏡面のように平滑であったとすると、磁気ディスク媒体の回転動作が開始されたとき、記録／再生ヘッドは磁気ディスク媒体表面に吸着したままとなり浮上出来なくなる。この吸着現象を避けるため、磁気ディスク媒体表面は、適

10 当なテキスチャ技術を利用して粗され、表面に微小な凹凸が形成されて記録／再生ヘッドの吸着現象が生じないように工夫されている。

【0005】しかし、一方で、この磁気ディスク媒体の表面粗化処理のためディスク表面に突起が生じることがあり、回転する磁気ディスク媒体表面から突出した突起と記録／再生ヘッドとの接触・衝突が発生することがある。このような突起に対しては、記録／再生ヘッドは毎周回毎に接触を繰り返すことになる。また、接触・衝突の原因は磁気ディスク表面の粗化処理によって生じた突起に限られず、磁気ディスク装置の動作によって温度上

20 昇が生じ、磁気ディスクの表面状態が変化したり、或いは記録／再生ヘッドに熱的変形が生じたり、磁気ディスク装置自体を振動させたりしたとき、磁気ディスク装置の動作中に接触・衝突が発生することも報告されている。

【0006】これら種々の原因によって、記録／再生ヘッドの再生用MRヘッドの抵抗体は、この接触・衝突時にヘッド温度が過渡的に、例えば、数 $\mu\text{sec}$ のオーダーで、上昇し、その結果、抵抗体は抵抗値の変動（上昇）を招来する。MRヘッドは、磁気抵抗素子に対し一定電流を流しながら、情報を磁気的に記録した磁気ディスク媒体の表面を相対的に移動して、磁気抵抗素子の抵抗変化率を電圧変化率として検出している。このため、この接触・衝突により磁気抵抗素子の抵抗値が変化することは、検出された電圧値の変化となり、結局、磁気ディスク媒体から読み取った情報に誤りが生じることとなる。即ち、MRヘッドを使用した場合、ヘッドとディスク媒体表面の接触・衝突に起因するMRヘッドの磁気抵抗素子の（例えば、数 $\mu\text{sec}$ の）過渡的熱応答に起因して、この過渡的期間に高速で再生される、例えば数

30 十バイト単位のデータに亘り誤りが発生する可能性がある。

【0007】このような熱的過渡応答現象の発生時には、磁気ディスク媒体からの再生信号にトランジェント波形（過渡的な波形）が発生して、出力レベルに直流バイアス変動が生じ、その後段のデータ復調回路による再生動作が不可能となり、回復不能な読取り誤り（Unrecoverable Read Error）を発生させている。MRヘッドの使用に伴って発生するようになったこのような現象を、特に、サーマル・アスペリティ（TA: Thermal Asperi

6

ty)と称している。

【0008】このサーマル・アスペリティ現象の対策として、データ復調回路に再生信号の低周波部分をカットするHPF（High Pass Filter）を使用してトランジェント波形の発生を抑制し早期に収束するする方策が提案されている。或いは、データ復調回路に再生信号の振幅を一旦ホールドするAGC（Auto Gain Control）回路又は位相同期外れを生じないように一旦PLL（Phase Locked Loop）回路を利用して、再生信号が直流バイアス変動に追従しないように追従停止措置を設けて、再生信号のホールド動作等を行う提案がなされている。

【0009】更に、このような方策で対応できない再生エラーに対し、復調回路に設けたハードウェアで構成されたECC（Error Correcting Code）回路による即時（on the fly）訂正のリカバリー（回復）機能を使用している。しかし、以上のような方策では、データ転送速度が高速化した現在の磁気ディスク装置の場合、サーマル・アスペリティが発生している期間に転送されるデータ量が相対的に大きく、この再生エラーのデータ長はECC回路の即時訂正機能による訂正可能なデータ長を越えてしまう。

【0010】例えば、現状のハードウェア方式によるECC回路の誤り訂正データ長は、通常の磁気ディスク装置では、最大9バイト程度であり、また最新の磁気ディスク装置でも最大20バイトであり、これに対してこのサーマル・アスペリティ現象の過渡的熱応答期間は数 $\mu\text{sec}$ に亘り、この間に転送されるデータ量は数十バイトのデータとなる。従って、サーマル・アスペリティによる再生エラーのデータは、現状のECC回路の誤り訂正機能の能力を超えており、ECC回路では対処することが出来ないことがある。

【0011】従って、本発明は、記録媒体から再生されたデータのエラーデータを訂正するため、再生データに含まれるエラーデータを特定し得るエラーデータ訂正装置を提供することを目的とする。更に、本発明は、記録媒体から再生されたデータのエラーデータを訂正するため、再生データに含まれるエラーデータを特定し得るエラーデータ訂正方法を提供することを目的とする。

【0012】更に、本発明は、主として、MRヘッドと磁気ディスク媒体表面との一時的な接触・衝突による熱的過渡現象によるMR素子部の抵抗値の急激な変化に起因する再生エラー（読み取りエラー）を検出する手段を備えた磁気ディスク装置を提供することを目的とする。

更に本発明は、このような再生エラーを検出する手段を備え、更に、回復（リカバリー）する手段を備えた磁気ディスク装置を提供することを目的とする。

【0013】更に本発明は、磁気ディスク装置において再生エラーを検出する方法を提供することを目的とする。更に本発明は、磁気ディスク装置において再生エラーを検出する方法及び回復する方法を提供することを目

50

的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】本発明に係るエラーデータ訂正装置は、記録媒体から読み取られた再生信号と所定の閾値信号を入力し、該再生信号が該閾値信号を越えたとき出力する比較回路と、前記比較回路の出力信号と前記記録媒体からの再生データとから、エラー信号を生成するエラー信号生成回路とを備えている。

【0015】更に、前記エラー信号に基づいて、前記再生データに含まれたエラーデータの存在箇所を特定する手段を備えることもできる。このエラーデータは、主として、サーマル・アスペリティによって生じた波形トラジェントが含まれ、これに起因してエラーデータが発生している。上述のエラーデータ訂正装置において、前記エラー信号生成回路は、前記比較回路の出力信号と前記記録媒体媒体からの再生データの任意の一方を選択して、エラー信号として出力する。または、両信号の論理和をとって、エラー信号として出力している。

【0016】上述のエラーデータ訂正装置において、更に、前記エラー信号とリード・クロックとが入力されるカウンタ回路を備え、該エラー信号の発生するまでの期間、該リード・クロックをカウントして、前記再生データに含まれたエラーデータの存在箇所を特定することもできる。更に、このカウンタ回路に接続されたレジスタ回路を設けることもできる。

【0017】上述のエラーデータ訂正装置において、前記エラー信号に基づいて、前記再生データに含まれたエラーデータの長さを特定することもできる。上述のエラーデータ訂正装置において、更に、前記エラー信号とリード・クロックとが入力されるカウンタ回路を備え、該エラー信号の発生している期間、該リード・クロックをカウントして、前記再生データに含まれたエラーデータの長さを特定することもできる。

【0018】エラー信号の生成方法は、これとは別の第2の方法によって生成することもできる。即ち、記録媒体から記録データを再生する再生回路と、前記再生回路に用いられ、再生データのビット数を変換するデコーダとを備え、前記再生データのランレングス制約に基づいて、エラー信号を生成する手段を設けて、エラー信号を生成することもできる。

【0019】この場合、前記デコーダは、 $8/9$ 変換コードを採用する事もできる。このときの前記ランレングス制約は、 $8/9$  ( $0, n/m$ ) で表されるゼロ制約を採用している。更に、本発明に係るエラーデータ訂正装置は、記録媒体から読み取られた再生信号と所定の閾値信号を入力し、該再生信号が該閾値信号を越えたとき出力する比較回路と、前記比較回路の出力信号と前記記録媒体からの再生データとから、第1のエラー信号を生成するエラー信号生成回路と、前記再生回路に用いられ、再生データのビット数を変換するデコーダと、前記再生

データのランレングス制約に基づいて、第2のエラー信号を生成する手段と、前記第1のエラー信号と前記第2のエラー信号とを選択する手段とを設けている。

【0020】更に、本発明に係る磁気ディスク装置は、上述のエラーデータ訂正装置を備えた磁気ディスク装置である。更に、本発明に係る磁気ディスク装置は、磁気ディスク媒体に記録されたデータをパーシャル・レスポンス・マキシマム・ライクリフッドを使用して復号する復号回路と、前記磁気ディスク媒体から再生された再生信号が所定の閾値を越えたとき出力する比較回路と、前記比較回路の出力と、前記パーシャル・レスポンス・マキシマム・ライクリフッドを使用して復号されたデータを使用して、該復号データの中のエラーデータの箇所及び長さを特定する手段と、ECCオンザフライを実行するハードウェア方式の即時訂正手段と、ソフトECCを実行する手段と、前記エラーデータの長さがECCオンザフライで訂正可能なときは、前記即時訂正手段によりエラー訂正し、ECCオンザフライで訂正不能なときは、前記ソフトECCによりエラー訂正する手段とを備えている。

【0021】更に、本発明に係る磁気ディスク装置は、磁気ディスク媒体に記録されたデータをパーシャル・レスポンス・マキシマム・ライクリフッドを使用して復号する復号回路と、前記復号回路に用いられ、再生データのビット数を変換するデコーダと、前記再生データのランレングス制約に基づいて、エラー信号を生成する手段と、前記エラー信号を生成する手段で生成されたエラー信号と、前記パーシャル・レスポンス・マキシマム・ライクリフッドを使用して復号されたデータを使用して、該復号データの中のエラーデータの箇所及び長さを特定する手段と、ECCオンザフライを実行するハードウェア方式の即時訂正手段と、ソフトECCを実行する手段と、前記エラーデータの長さがECCオンザフライで訂正可能なときは、前記即時訂正手段によりエラー訂正し、ECCオンザフライで訂正不能なときは、前記ソフトECCによりエラー訂正する手段とを備えている。

【0022】更に本発明に係るエラーデータ訂正方法は、記録媒体から読み取られた再生信号と所定の閾値信号を比較し、該再生信号が該閾値信号を越えるたとき信号を出力し、前記信号と前記記録媒体からの再生データとから、エラーデータに対応するエラー信号を発生し、前記エラー信号に基づいて、前記再生データに含まれたエラーデータの存在箇所を特定する、エラーデータ訂正方法である。

【0023】更に本発明に係るエラーデータ訂正方法は、磁気ディスク媒体から再生されたデータに含まれるエラーデータの存在箇所と該エラーデータの長さを特定し、前記エラーデータの長さが即時訂正可能か否かを判断し、即時訂正可能なときは即時訂正を実行し、即時訂正不能なときはソフトECCを実行する、エラーデータ

訂正方法である。

#### 【0024】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係る磁気ディスク装置及び磁気ディスク装置のエラー訂正方法の実施の形態に付き一例を挙げて、添付の図面を参照しながら詳細に説明する。なお、図面中、同一の要素に対しては同一の符号を付与し、重複した説明を省略する。

【磁気ディスクの全体構成】図1は、本実施形態に係る磁気ディスク装置の全体構成を示す図である。この磁気ディスク装置は、3.5インチ・ハードディスク装置と

呼ばれるものであり、主としてPC (Personal Computer) 用のサーバ (Server) として使用されている。

【0025】この磁気ディスク装置は、ブロック単位で概略すると、ホスト・コンピュータ (図示せず。) に対し、インターフェース部1を介して接続されインターフェース制御するハード・ディスク・コントローラ (以下、「HDC」ともいう。) 2と、この磁気ディスク装置の機構部及び磁気ディスク媒体24への記録/再生を制御するマイクロ・コントローラ・ユニット (以下、「MCU」ともいう。) 7と、HDC2と記録/再生制御部14を介して接続され且つMCU7とVCM/スピンドル制御部15を介して接続され、磁気ディスク媒体24、記録/再生ヘッド18等を内蔵したディスク・エンクロージャ (以下、「DE」ともいう。) 16とを備えている。DE16を除いた各構成要素は、2~3個のLSI等から構成されて、1枚のプリント基板に搭載されている。これらの全体の構成要素は、装置筐体に内蔵され、内部をクリーンな状態に保つため適当な塵埃除去機構が設けられている。

【0026】この磁気ディスク装置のデータは、ホストコンピュータ (図示せず。) とHDC2の間は16ビットバスのインターフェース1で転送され、HDC2により8ビットデータに変換されてNRZバス信号22としてやり取りされ、この8ビットデータは再生記録制御部14により磁気ディスク記録媒体24に適した9ビットデータに変換されている。また、インターフェース系としては一般的なSCSI (Small Computer System Interface) を使用している。

【0027】磁気ディスク装置の各ブロックの構成要素に付いて説明する。ハード・ディスク・コントローラ (HDC) 2は、データ・フォーマット制御部3と、ホスト・バス・インタフェース制御部4と、データ・バッファ制御部5と、ECC制御部6とを有している。データ・フォーマット制御部3は、ホストコンピュータ (図示せず。) からインターフェース1を介して送られたデータを磁気ディスク媒体24に記録するに適した形式 (フォーマット) に符号化し、また磁気ディスク媒体24から再生されたデータをインターフェース1を介してホストコンピュータに送るに適した形式に復号化している。なお、図に示していないが、このデータ・フォーマット

制御部3の内部には、後で図3に関連して説明するカウンタ回路45及びレジスタ回路46を有している。

【0028】ホスト・バス・インタフェース制御部4は、この磁気ディスク装置とホストコンピュータ (図示せず。) のインタフェースを制御する。データ・バッファ制御部5は、データ・バッファRAM (Random Access Memory) 12が接続され、磁気ディスク媒体24からHDC2に対し、送られたデータを一時的に蓄積して所定のタイミングでインターフェース1に送出し、又は、ホストコンピュータ (図示せず。) からHDC2に対し、インターフェース1を介して受け取ったデータを一時的に蓄積して所定のタイミングでディスク・エンクロージャ (DE) 16に送出する制御を行う。

【0029】ECC制御部6は、ハードウェアによって構成された普通のエラー訂正回路であり、通常の磁気ディスク装置では、最大9バイト又は12バイト程度 (最新のエラー訂正回路でも20バイト) の誤りが即時訂正 (ECC on the fly) が可能である。従って、20バイトを越えるエラーデータに対して、対処することは出来ない。

【0030】一般に、ECC制御部6で実行される即時訂正では、データを順次読み出しながら、ハードウェア的に即時誤り訂正を実行している。この即時訂正では、「2Xバイト」長のデータを読み出したとき、このバイト数の半分のバイト数が最大訂正能力とされている。即ち、即時誤り訂正の能力は、バイト数で表したとき読み取りデータの半分の「Xバイト」となる。従って、Xバイトを越える誤りデータは、即時訂正することは出来ない。

【0031】これに対して、ソフトウェア方式で構成されたソフトECCと称する誤り訂正手段がある。このソフトECCは、磁気記録媒体24に記録された「2Xバイト」長のデータを全部読み出して、RAM (図示せず。) 上に一旦蓄積して、この読み出したデータをソフトウェア方式で誤り訂正する手段であり、書かれたバイト数全体に対して誤り訂正することが出来る。即ち、ソフトECCの誤り訂正能力は、2Xバイト長のデータに対して、その全体の「2Xバイト」となる。

【0032】このソフトECCは、誤りデータの箇所 (即ち、セクタ単位で、先頭から誤りデータまでの長さ。) 及び誤りデータ自体の長さが判明すれば、実行し得る。ソフトECCはこのような特徴を有するが、一方では、ソフトECC実行中はディスク媒体は回転待ち (無駄) となり、再生動作が一時的に中断し、オーバヘッドに陥るという欠点も有している。

【0033】マイクロ・コントローラ・ユニット (MCU) 7は、この磁気ディスク装置全体の制御等を担当するCPU8と、信号制御論理回路 (Signal Control Logic) 9と、D/A変換器10と、A/D変換器11とを有し、これらの要素がワンチップのLSIで構成されて

いる。CPU8は、磁気ディスク装置全体の制御、マルチタスク制御、VCM/スピンドル制御部15を介してVCM19の駆動制御、スピンドルモータ20の駆動制御、図4に関連して説明する誤りデータの訂正制御等を担当する。また、CPU8はROM (Read Only Memory) 13と接続され、このROM13にはCPU動作のプログラムが蓄積されている。信号制御論理回路9は、このCPUまわりの論理回路である。

【0034】ディスク・エンクロージャ (DE) 16は、ベースとカバー (いずれも図示せず。) で囲まれた内部に、情報記録媒体としての磁気ディスク媒体24と、この磁気ディスク媒体に対して情報を記録/再生する記録/再生ヘッド18と、この記録/再生ヘッドとの間でやり取りする情報を所定の大きさに増幅する記録/再生プリアンプ回路 (Read/Write Pre-Amplifier) 17と、磁気ディスク媒体24のスピンドルに対し軸受け部 (図示せず。) を介して接続して磁気ディスク媒体24を回転駆動するスピンドル・モータ20と、記録/再生ヘッド18を駆動して磁気ディスク媒体上の目的位置 (シリンダ) に位置決めするボイス・コイル・モータ (以下、「VCM」ともいう。) 19とを有している。

【0035】磁気ディスク媒体24は、本実施形態では、10枚のアルミニウム合金基板の両面に薄い磁性薄膜を生成したもので、合計で18Gバイトの記憶容量を持っている。記録/再生ヘッド18は、記録用の誘導形ヘッドと再生用の磁気抵抗効果形 (MR) ヘッドからなる複合形磁気ヘッドである。プリアンプ回路17は、記録/再生ヘッド18で再生され又は検出された信号波形を所定の大きさに増幅する。スピンドル・モータ20は、長時間使用が可能なDCブラシレス・モータが使用されている。ボイス・コイル・モータ (VCM) 19は、記録/再生ヘッド18をディスク媒体24上の目的位置に高速で移動するため、低い慣性で高トルク特性を有している。

【TA発生によるエラー信号生成のための回路ブロック】図2は、図1の磁気ディスク構成の内、TA発生によるエラー信号生成のための回路ブロックを示している。このエラー信号生成回路ブロックは、図1との関連で説明すると、図1の左上半分に示す、磁気ディスク媒体 (図2では斜線ブロックで示す。) 24と、記録/再生ヘッド18と、プリアンプ回路17と、記録/再生制御部14とに相当する。ここで、エラー信号生成回路ブロックは、図で見て、上段は再生系を表し、下段は記録系を表している。

【0036】記録/再生ヘッド18は、再生系として、磁気ディスク媒体24からの信号磁界を検出する再生用MR (磁気抵抗効果形) ヘッド25をもっている。プリアンプ17は、再生系として、MRヘッド25からの再生信号を増幅するプリアンプ27をもっている。記録/再生回路制御部14は、再生系として、プリアンプ27

からのアナログ再生信号の振幅を制御する自動利得調整増幅器 (AGCアンプ Automatic Gain Control Amplifier) 29と、(1+D) フィルタ30と、(1+D) フィルタからのアナログ再生信号をサンプリングし且つ波形補正するサンプラ及びイコライザ31と、このデジタル再生信号に対してエラー訂正を行うビタビ検出回路32と、ビタビ検出回路からのデータを復号し且つスクランブラを解きNRZデータ (Non Return Zero Data) として出力する8/9デコーダ及びデ・スクランブラ回路33と、サンプラ及びイコライザ31からのデジタル再生信号を受けて、AGCアンプ29、サンプラ及びイコライザ31、ビタビ検出回路及び8/9デコーダ及びデ・スクランブラ33にリード・クロックRCLK41を出力するPLL (Phase Locked Loop) 回路34と、AGCアンプ29からのアナログ再生信号及び所定の閾値信号Thを受けて再生信号の絶対値がこの閾値の絶対値を越える期間だけON出力するTA (Thermo Asperity) レベル比較回路 (TA Level Comparator) 40と、TAレベル比較回路からの出力信号と8/9デコーダ及びデ・スクランブル回路33からのNRZデータを受けエラー信号23を生成して出力するエラー信号生成回路35とを持っている。

【0037】これらの再生系回路要素の内、(1+D) フィルタ30、サンプラ及びイコライザ31及びビタビ検出回路32から成る復号回路は、PRML (Partial Response Maximum Likelihood) のクラス4を使用している。このPRMLは、再生信号の波形からデータを検出する方法の1つであり、データに対応する再生波形の間に波形干渉が生じてもデータを再生できるパルシャル・レスポンス方式と、再生波形に雑音が含まれた場合に最も確からしいデータ系列を再生するビタビ復号方式を組み合わせて使用している。

【0038】AGCアンプ29は、プリアンプ27から送られるアナログ形式の再生信号を増幅して振幅を略一定に制御するよう機能する復調回路である。AGCアンプ29は、サーマル・アスぺリティ現象が生じた場合、再生信号の振幅長が乱れるのを防止している。(1+D) フィルタ30は、LPF (Low Pass Filter) 及びブースト (Boost) 回路から成り、AGCアンプ29からの再生信号を1ビット遅延させたものを帰還して再生信号に加算する変換動作を行う。

【0039】サンプラ及びイコライザ31は、磁気ディスク媒体24から再生されたアナログ再生信号をサンプリングし且つこのサンプリング信号を1, 0データに補正してデジタル形式再生信号とする。ビタビ検出回路32は、ビタビ復号法を用いて最尤復号動作 (最も確からしいビット列を探す動作。) を行うエラー訂正の一種であり、一般に数ビットの訂正が可能である。

【0040】8/9デコーダ及びデ・スクランブラ33



13

は、サンブラ及びイコライザ31で生成された9ビットデータを復号して8ビットNRZデータとし、更に、このデータを記録系の8/9エンコーダ及びスクランブラ36で行ったスクランブラ処理を解く処理を行う。PLL回路34は、サンブラ及びイコライザ31からの再生データからこれと位相同期したVCOクロックを作り、AGCアンプ29、サンブラ及びイコライザ31、ビタビ検出回路32及び8/9デコーダ及びデ・スクランブラ33に送出する。サンブラ及びイコライザ31では、このVCOクロックをサンプリング・クロック（「リード・クロック」ともいう。）として使用する。8/9デコーダ及びデ・スクランブラ33は、VCOクロックに同期化されたPLLデータと、シンク領域（図3（A）のPLO参照）と同時に立ち上がるリード・ゲート信号RG42を使用し、再生データを復調してNRZデータとして、HDC2に対してリード・クロックRCLK41に同期して送出している。なお、リード・ゲート信号RG42は、リード動作の実行を意味し、HDC2がリード・ゲート信号RG42を送出することによって検知される。

【0041】更に、PLL回路34は、サーマル・アスペリティ現象が生じた場合、再生信号の位相ずれによる同期外れを防止するため、位相同期を一旦ホールドする機能を有する。TAレベル比較回路40は、AGCアンプ29からのアナログ再生信号及び所定の閾値信号Thを受けて、再生信号がこの閾値信号Thの値を越える期間だけ、TAレベル比較回路出力信号をON出力する。

【0042】エラー信号生成回路35は、8/9デコーダ及びデ・スクランブラ33からNRZデータと、TAレベル比較回路40からTAレベル比較回路出力信号を受け取り、サーマル・アスペリティ発生時に対応するNRZエラーデータの期間だけ、エラー信号33をON出力して、HDC2に設けられたカウンタ回路45に対して送出する。

【0043】具体的には、図6（C）に示すTAレベル比較回路40の出力信号と、図6（D）に示すサーマル・アスペリティによってデータが部分的にデータが損失したNRZデータとから、論理和（OR）又はいずれか一方を選択して、図6（G）に示すエラー信号33を生成する。このエラー信号33は、HDC2に内蔵されるカウンタ回路45に送出される。次に、図2に示すTA発生によるエラー信号生成のための回路ブロックの記録系について簡単に説明する。記録/再生制御部14は、記録系として、ハード・ディスク制御部2から磁気記録媒体24に書き込むNRZデータ22、ライトゲート信号WG及びライト・クロックWCLKを受けて、NRZデータ22を符号化し且つスクランブラをかける8/9エンコーダ及びスクランブラ36と、この8/9エンコーダ及びスクランブラからの信号をうけて1/(1+D)の変換を行うプリコーダ37と、プリコーダから

14

の信号を受けライトパルスの補償を行う記録用補償（Write Compensation）回路38と、記録用補償回路からの信号を受けて、プリアンプ回路17の記録用ドライバ28に送る記録用FF（Flip Flop）回路39とを持っている。

【0044】プリアンプ回路17は、記録系として、記録用ドライバ28を持ち、FF39からの記録データを書き込み電流にして記録用ヘッドへ送る。記録再生ヘッド18は誘導形の記録用ヘッド26をもち、記録用ドライバ28からの書き込み電流によって磁気ディスク媒体24に対してデータを書き込む。この記録系回路要素の内、8/9エンコーダ及びスクランブラ36は、記録系の8/9デコーダ及びデ・スクランブラ33の作用と逆の作用を行い、ハード・ディスク制御部2から磁気記録媒体24に書き込むNRZデータ22、ライトゲート信号WG及びライト・クロックWCLKを受けて、記録用データを8ビットから9ビットに変換し且つスクランブラ処理を行っている。

【0045】プリコーダ37は、記録系の(1+D)フィルタ30の作用と逆の作用を行い、記録用データに対して1/(1+D)の逆変換を行う。記録用補償（Write Compensation）回路38は、本来記録すべきタイミングよりも実際に記録するタイミングをずらす補償処理を行っている。磁気ディスク装置の記録再生系では、周波数が高くなるにつれて、記録した信号が再生できなくなることがある。そこで、記録するタイミングを数%～数十%ずらすことで、再生特性を補い、ビット誤り率を減少している。

【磁気ディスク装置の動作】図2のTA発生によるエラー信号生成のための回路の再生動作について、図3を参照しながら簡単に説明する。

【0046】ここで、図3は、全体として、磁気ディスク媒体上のデータフォーマットと再生回路の各種信号のタイミングチャートを示している。図3（A）は磁気ディスク媒体24上のデータフォーマットを示し、図3（B）は再生されたNRZデータを示し、図3（C）はリード・クロックRCLKを示し、図3（D）はリード・ゲート信号RGを示している。

【0047】図2の磁気ディスク媒体24上に記録されたデータのフォーマットは、インデックス信号から始まり、次のインデックス信号で終わる一周の記録領域を、セクタと称する複数個の小領域に分割して使用している。図3（A）に示す1セクタ分のデータフォーマットは、概して、クロック引き込み領域であるPLOと、イコライザ回路31の調整用の領域であるTRと、クロック引き込みが終了し同期が完了したことを検知するSB（Sync Bytes）と、記録用ドライバ28を介して磁気ディスク媒体上に記録されたデータであるDATAと、DATA領域の誤りを検出・訂正を行うコードであるECC（Error Correction Code）と、ECCの誤り訂正検

出用に設けられたID部のチェック・コードであるCRC (Cyclic Redundancy Check) と、次のセクタの始まりまでのギャップで、データ部を書くときの位置にゆらぎや回転速度誤差による長さの差を吸収するためのGAPとを有している。

【0048】このようなフォーマットのデータが磁気的に記録された磁気ディスク媒体24 (図1参照。)が、一定速度で回転し、このディスク媒体が発する信号磁界は、記録/再生ヘッド18の再生用ヘッド (MRヘッド) 25によって検出される。この再生信号は、プリアンプ27で増幅され、AGCアンプで振幅調整され、

(1+D) フィルタ30、サンプラ及びイコライザ31及びビタビ検出回路32から構成される、PRML (Partial Response Maximum Likelihood) のクラス4の復号回路により、パシカル・レスポンス方式とビタビ復号方式を組み合わせ、アナログ再生信号をディジタル形式の再生NRZデータ22として、HDC2に送っている。図3 (B) は、このNRZデータ22を示している。

【0049】PLL回路34では、サンプラ及びイコライザ31からの再生データからこれと位相同期した、図5 (C) に示すリード・クロックRCLKが生成される。図5 (D) に示すリードゲートRG42は、クロック引き込み領域 (図3 (A) のPLO参照) と同時に立ち上がり、NRZデータの終了と共に立ち下がる。

【TAが発生した場合のエラー検出・訂正】次に、図2のTA発生によるエラー信号生成のための回路ブロックに関し、図4に示すフローチャートに従って、必要に応じて図5に示す各種の波形のタイミングチャートを参照しながら、磁気ディスク媒体上の突起等によってTAが発生した場合のエラーデータの検出及びこの誤り訂正について説明する。

【0050】図4は、上述したエラーデータに関するエラーデータの箇所及びエラーデータの長さの検出、かかるエラーデータのエラー訂正をいずれの方法で行うかの決定等についての動作フローチャートである。図5は、全体として、TAが発生した場合のエラーデータの検出及びこの誤り訂正に関連する各種波形を説明する図である。図5 (A) は図3 (A) と同じ磁気ディスク媒体24上のデータフォーマットを示し、図5 (B) はTAレベル比較回路40の入力信号である、AGCアンプ29からのTA発生時の波形トランジェントを含むアナログ再生信号と閾値信号Thとの関係を示し、図5 (C) はTAレベル比較回路40の出力データを示し、図5

(D) は、図3 (B) と同じ、8/9デコーダ及びデスクランブラ23からのNRZデータ22を示し、図5 (E) は、図3 (C) と同じ、PLL回路34からのリード・クロックRCLK41を示し、図5 (F) は、図3 (D) と同じ、リード・ゲートRG42を示し、図5 (G) はエラー信号生成回路35の出力であるエラー信

号23を示し、図5 (H) はカウンタ回路45 (図6参照) の出力を示している。

【0051】ここで、エラー訂正の方法は次の(1)「即時エラー訂正」と、(2)「ソフトECC」の2通りがある。また、エラー訂正後に、磁気ディスク媒体の表面上の同じ突起によって繰り返しサーマル・アスペリティが発生することを回避するため(3)「交代領域へ自動交代処理」がある。

(1) 即時エラー訂正 (ECC on the fly)

図1のECC制御部6によるエラー訂正である。即時エラー訂正は、公知のエラー訂正である。即ち、ECC制御部6は、ハードウェア方式によって構成された普通のエラー訂正回路であり、通常の磁気ディスク装置では、最大9バイト又は12バイト程度 (最新のエラー訂正回路でも20バイト) の誤りが即時 (On The Fly) 訂正可能である。従って、20バイトを越えるエラーデータに対して、対処することは出来ない。

【0052】一般に、ECC制御部6で実行される即時訂正 (ECC on the fly) では、データを順次読み出しながら、ハードウェア的に即時誤り訂正を実行している。この即時訂正では、2Xバイト長のデータを読み出したとき、このバイト数の半分のバイト長が最大訂正能力とされている。即ち、即時誤り訂正の能力は、2Xバイト長のデータに対して、「Xバイト」となる。従って、Xバイトを越える誤りデータは、即時訂正することは出来ない。

(2) ソフトECC

ソフトウェア方式で構成されたソフトECCと称する誤り訂正手段である。ソフトECCも公知のエラー訂正である。例えば、CIRRUS LOGIC社から商業的に入手し得るハードディスク・コントローラ型番SH7600に内蔵されたソフトECC、Q LOGIC社から入手し得るハードディスク・コントローラ型番ATECに内蔵されたソフトECCを使用することができる。このソフトECCは、磁気ディスク媒体24に記録された2Xバイト長のデータを全部読み出して、RAM (図示せず。) 上に一旦蓄積して、この読み出したデータをソフトウェア的に誤り訂正する手段であり、書かれたバイト数全体に対して誤り訂正することが出来る。即ち、ソフトECCの誤り訂正能力は、2Xバイト長のデータに対して、「2Xバイト」となる。

【0053】このソフトECCは、誤りデータの箇所 (即ち、セクタ単位で、先頭から誤りデータまでの長さ。) 及び誤りデータ自体の長さが判明すれば、実行し得る。ソフトECCはこのような特徴を有するが、一方では、ソフトECC実行中はディスク媒体は回転待ちとなり、再生動作が一時的に中断してオーバヘッドに陥るという欠点も有している。

【0054】なお、本発明では、次の手順に示すように、誤りデータの箇所及び誤りデータ自体の長さが予め

17

特定できるのでエラー訂正における演算時間が短縮できる特徴を有している。

### (3) 交代領域へ自動交代処理

一般に、磁気ディスク媒体では、使用開始時のイニシャライズ実行時に、ディスク表面の欠陥等による記録/再生不能な箇所を検出して、その領域に対応する別の交代領域を用意し、この記録/再生不能な箇所への記録/再生は行わず、対応する交代領域へ記録し、そこから再生している。

【0055】これと同じ手法により、比較的長いエラーデータをソフトECCで訂正した後、磁気ディスク媒体の表面上の同じ突起によって繰り返しのソフトECCによるエラー訂正することを回避するため、サーマル・アスペリティ発生セクタとして媒体欠陥登録を行うことが可能であり、ファームウェア的な処理により交代領域へ自動交代処理を実行する。即ち、本実施形態では、エラー信号(図5(G)参照)により、サーマル・アスペリティ発生による欠陥セクタを特定できるため、媒体欠陥登録を行うことが出来る。

【0056】本実施形態では、これら即時エラー訂正(ECC on the fly)、ソフトECC及び交代領域へ自動交代処理を、次のように組み合わせて利用している。先ず、図4のステップS100では、CPU8はインタフェース1を介してホストコンピュータ(図示せず。)からリード・コマンド命令が有るか無いかを判断する。リード・コマンドが無いときはステップS105に進み、有るときはステップS120に進む。

【0057】ステップS105では、現在、再生動作が行われていないので、この処理とは別の処理を実行する。ステップS120では、エラーカウンタ回路45及びレジスタ回路45(図3参照)をリセットして初期値に戻す。ステップS130に進む。図6は、図1のハードディスク制御部2の内部に、好ましくはディスク・フォーマット制御部3の内部に、設けられるカウンタ回路45とレジスタ回路46を示す。カウンタ回路45は、リードクロックRCLK41をCLK端子に、記録/再生制御部14(図2参照)内のエラー信号発生回路35からのエラー信号23をLD端子に、リードゲート信号RG42をCLR端子に、夫々受ける。データの1セクタ分の読み取り動作が終了した時点で、リードゲート信号RG42はOFFになり(図3(G)参照)、エラーカウンタ回路45及びレジスタ回路45は、リセットされる。

【0058】ステップS130では、次の再生処理の対象となるデータのセクタ部分(「ターゲット・セクタ」ともいう。)に関して、リード・ゲートRG42を発行する。ステップ140に進む。ステップS140では、サーマル・アスペリティによってデータエラーが発生したときのエラーデータ箇所までのデータ長をカウントするため、エラーカウンタ回路45にて、データの先頭か

18

らカウントを開始する(図5(D)及び(H)参照)。ステップS150に進む。

【0059】ステップS150では、CPU8はエラー信号23が発生しているか否かを判断する。エラー信号が発生していないときはステップS152に進み、発生しているときはステップS160に進む。ステップS152では、CPU8は、ホストコンピュータ(図示せず)からのリード・コマンドを続行する。ステップS154に進む。

【0060】ステップS154では、CPU8は、読み取るべきターゲット・セクタが終了したか否かを判断する。終了していないときはステップ130に進み、終了しているならば読み取り動作を終了する。ステップS157では、CPU8は、ターゲット・セクタのセクタ番号をインクリメント(増数)する。即ち、読み取り動作において、データ読み取りの対象となるセクタを、次の新たなセクタに設定する。

【0061】次に、ステップS150でエラー信号が発生している場合、エラー信号23を生成するためのTAレベル比較回路40とエラー信号生成回路35を使用した、第1のエラー信号生成方法について説明する。ターゲット・セクタにサーマル・アスペリティが発生した場合、AGCアンプ29から、図5(B)に示すような「TA発生による波形トランジェント」を有する再生信号が出力される。このようなAGCアンプ29からの再生信号と所定の閾値信号Thとが、TAレベル比較回路40に入力される(図2の符号40参照)。TAレベル比較回路40では、図5(C)に示すような、再生信号の絶対値が所定の閾値信号Thの絶対値を越す期間だけONとなるTAレベル比較回路出力信号をエラー信号生成回路35に送出する。

【0062】このとき、ステップS160では、CPU8は、ステップ140でカウントを開始しエラーデータ発生までバイト数をカウントしたカウント値「Aバイト」をレジスタ回路46(図3参照)に格納する。図5(F)に示すように、リードゲートRGがONのとき、即ちディスク媒体24からデータを読み取る動作中に、図5(G)に示すようにエラー信号23が発生するまでの期間、図5(E)に示すリードクロックRCLK41を計数する。この計数結果によって、エラーデータの箇所を特定することができ、その値は、図6(H)に示すように「Aバイト」である。

【0063】このカウント値であるAバイトは、レジスタ回路46に送られ、一時蓄積される。レジスタ回路46は、このカウント値をバス制御信号21として、CPU8等へ送出する。ステップ170に進む。ステップS170では、エラーカウンタ回路45により、エラーデータ自体の長さをカウント開始する。ステップS180に進む。

【0064】ステップS180では、CPU8は、エラ

19

一信号(図5(G)参照)が終了しているか否かを判断する。もし、終了していないときは、ステップ180に戻り再度判断し、終了していればステップ190に進む。具体的には、エラー信号生成回路35は、図5

(C)に示すTAレベル比較回路40の出力信号と、図5(D)に示すサーマル・アスぺリティによってデータが部分的にデータが損失したNRZデータとから、論理和(OR)又はいずれか一方を選択して、エラーデータ自体の長さを表す図5(G)に示すエラー信号33を生成する。このエラー信号33は、基準クロックであるリードクロックにRCLK同期しており、エラー信号生成回路35からHDC2に内蔵されるカウンタ回路45に送出される。このとき、カウンタ回路45は、エラー信号33のONの期間、リードクロックRCLK41をカウントする。このカウント結果が、図5(H)に示すように「Bバイト」である。

【0065】ステップS190では、CPU8は、ステップ170でカウント開始したエラーデータの長さであるカウント値「Bバイト」を、レジスタ回路46(図6参照)に格納する。レジスタ回路46は、このカウント値をバス信号21として、CPU8へ送出する。ステップ200に進む。ステップS200では、CPU8は、ステップS190でレジスタ回路46(図3参照)に格納されたエラーデータ長「Bバイト」がECC即時訂正(ECC on the fly)可能なデータ長より長いかなかを判断する。もし、ECC即時訂正可能なデータ長より短いときはステップS202に進み、長ければステップ210に進む。

【0066】ステップS202では、CPU8は、ECC回路制御回路6(図1参照)を駆動して上述した即時訂正(ECC on the fly)を実行する。ステップ204に進む。ステップS204では、CPU8は、訂正が適正に終了したか否かを判断する。適正に終了していなければステップS205に進み、適正に終了していればステップS206に進む。

【0067】ステップS205では、CPU8は、誤り訂正の対象となるセクタの再読込を命令(RETRY)して、ステップ120に進む。通常、所定回数のRETRYを繰り返し、それでもソフトECCによって訂正不能な場合には、オペレータに対し、表示装置(モニタ)を介して「訂正不能なデータ(un-correctable error)有り」と表示する。

【0068】ステップS206では、ホストコンピュータ(図示せず。)からのリード命令が終了したか否かを判断する。終了していないときはステップ157に戻ってターゲット・セクタを次のセクタに設定し、終了しているときはステップ240に進む。ステップS210では、エラーデータ長「Bバイト」がECC即時訂正(ECC on the fly)可能なデータ長より長いので、ECC即時訂正では対処できないため、CPU8は、上述したソ

20

フトECCを実行する。ステップ220に進む。

【0069】ステップS220では、ステップ210で実行したソフトECCの訂正が適正であったか否かを判断する。適正でなかったときは、ステップS205に進み再リード処理を実行する。適正であったときは、ステップS230に進む。ステップS230では、CPU8は、ホストコンピュータ(図示せず。)からのリード命令が終了したか否かを判断する。終了していないときはステップS157に進み、終了しているときはステップS240に進む。

【0070】ステップS240では、磁気ディスク媒体上の同じ突起等で同じようにデータエラーが生じないように、自動交代処理が有効か否かを判断する。自動交代処理が有効と判断されたときは、ステップS242に進み、有効でないと判断されたときは、終了する。ステップS242では、磁気ディスク媒体の交代領域へ自動交代する処理を実行する。その後終了する。

【0071】以上により、本実施形態の即時エラー訂正(ECC on the fly)、ソフトECC及び交代領域へ自動交代処理を組み合わせたエラー訂正が成し得る。次に、複数のエラーが発生した場合の丸め込み処理、及びエラー信号生成の第2の方法について順に説明する。

【丸め込み処理】図7は、1セクタ内で複数の箇所に亘ってエラーが発生した場合に、ECC訂正可能バイト数内に丸め込み処理を行って検出する例を説明する図である。図7(A)は磁気ディスク媒体24上のデータフォーマットを示し、図7(B)は複数のエラーが発生したときのこのデータフォーマットのNRZデータ部分を示し、図7(C)はエラーデータ1と2の丸め込みエラーデータを示し、図7(D)はエラーデータ1、2及び3の丸め込みエラーデータを示し、図7(E)は図5(G)と同じエラー信号を示している。

【0072】ここで、図7(B)は、1セクタのデータ内に発生するNRZエラーデータ1~3を示している。このとき、仮にエラー1と2のみ実際にエラーデータが発生したとすると、これらエラーデータ1と2を含む領域を全体として1つのエラーデータとして把握して、即ち、丸め込み処理し、この領域を誤り訂正をする場合、図7(C)に示すこれら全体のエラーデータのバイト数は、ハードウェア処理による即時訂正(ECC on the fly)の可能なバイト数X(例えば、9バイト)より少ない場合は、即時訂正により誤り訂正を実行できる。

【0073】仮に、エラー1~3が発生したとすると、これらエラー1~3を丸め込み、これらエラーデータを含む領域を全体として誤り訂正をする場合、図7(C)に示すこれら全体のエラーデータのバイト数が、ハードウェア処理による即時訂正(ECC on the fly)の可能なバイト数Xより大きくても、ソフトECCのエラー訂正可能バイト数2Xより少ない場合は、ソフトECCにより誤り訂正を実行できる。

【別のエラー信号の生成方法】上述した第1のエラー信号生成方法は、エラー信号23は、図2に関連して説明したように、TAレベル比較回路40からの信号と8/9デコーダ及びデ・スクランブラ33からのNRZデータ22とを受け、エラー信号生成回路35によって生成している。これとは別に、NRZに変換復調されたデジタルデータの性質に着目した図8に示す第2のエラー信号生成方法によってもエラー信号は生成できる。

【0074】ここで、図8(A)は8/9(0, 4/4)の場合のデータ列の一例を示し、図8(B)はこのデータ列の偶数列のみを示し、図8(C)はこのデータ列の奇数列のみを示し、図8(D)はラッチエラー信号示し、図8(E)は四段シフトレジスタの出力を示す。図33のデコーダ回路33では、8/9変換コードを採用している。このような8/9変換コードでは、一般に、8/9(0, n/m)のゼロ「0」が連続するランレングス(Run-Length)制約が使用されている。ここで、一般に、n/mランレングス制約とは、データ列にゼロの連続する個数、即ち、「1」と「1」の間に存在する「0」の個数が0～n個の範囲にあるという制約(「ゼロ制約」ともいう。)である。また、このデータ列を奇数列と偶数列に振り分けた場合、各数列にゼロの連続する個数が0～m個の範囲にあるという制約である。

【0075】従って、例えば、8/9(0, 4/4)符号の場合、このデータ列は0～4個のゼロ制約を有し、このデータ列から得られた奇数列及び偶数列は、各々0～4個のゼロ制約を有している。他の例で言うと、例えば、8/9(0, 3/5)符号の場合、このデータ列は0～3個のゼロ制約を有し、このデータ列から得られた奇数列及び偶数列は、各々0～5個のゼロ制約を有している。

【0076】具体的には、図8に示すように、例えば、8/9(0, 4/4)符号において、図8(A)に示すデータ列「11010100000001000000100001110010010010」が存在したとする。このデータ列の、偶数列は、図8(B)に示すように、「11100010000011001」となる。また、奇数列は、図8(C)に示すように、「10000000010010100」となる。このデータ列のゼロ制約は0～4個であり、また、偶数列及び奇数列の各々のゼロ制約も0～4個である。しかし、図8のデータ列では、アンダーライン部に示すように、このゼロ制約に違反するゼロが7個連続した箇所と6個連続した箇所が夫々1個有り、また偶数列では5個連続した箇所が1個有り、奇数列では9個連続した箇所が1個有り。これらゼロ制約は、ゼロをラッチして、4段シフトレジスタ(図示せず。)を通して「1」に収束しない場合に検出される。

【0077】従って、このデータ列に関連するゼロ制約

の範囲をラッチエラー信号とすると、図8(D)に示すように24バイトに亘るエラー信号23となる。図6(E)は、この4段シフトした検出信号から得られるラッチエラー信号を表している。TAレベル比較回路40とエラー信号生成回路35の組み合わせによるエラー信号生成に代えて、このような復調されたNRZデジタルデータを用いてエラー判定機能、即ち、8/9(0, n/m)のゼロ「0」が連続するランレングス(Run-Length)制約に基づいてエラー信号23を生成する機能をハードウェアで実現してエラー判定機能を構成することもできる。

【0078】上述した第1のエラー信号生成方法と第2のエラー信号生成方法は任意に一方のみを採用することができる。更に、両方の方法によるエラー信号を発生せしめ、適当なセレクト回路(図示せず。)を用いて、任意に選択可能な構成とすることもできる。

#### 【実施形態の効果】

(1) 本実施形態によれば、サーマル・アスぺリティ発生等によるエラーデータの発生箇所を特定することができる。

(2) 本実施形態によれば、サーマル・アスぺリティ発生等によるエラーデータ自体の長さを特定することができる。

(3) 本実施形態によれば、比較器とエラー信号発生回路の組み合わせによってもエラー信号が生成でき、又はデータ自体のランレングス制約を利用してもエラー信号が生成できる。

(4) 本実施形態によれば、サーマル・アスぺリティ発生等によるエラーデータの発生箇所及びエラーデータ自体の長さを特定することができるので、即時訂正(ECC on the fly)が不可能な場合でも、ソフトECCによる訂正を実行できる。

(5) 本実施形態によれば、サーマル・アスぺリティ発生時にエラー信号が送出されるため、このエラー信号を用いて確実にエラーデータ発生箇所を特定できるため、磁気ディスク媒体の交代処理対象セクタとして媒体欠陥登録することができる。

(6) 以上により、磁気ディスク装置のエラー訂正機能を向上させることが可能であるため、エラーレート(誤り率 error rate)を低減し、磁気ディスク装置の信頼性を向上することが出来る。

#### 【0079】

【発明の効果】本発明によれば、記録媒体から再生されたデータのエラーデータを訂正するため、再生データに含まれるエラーデータを特定し得るエラーデータ訂正装置を提供することができる。更に、本発明によれば、記録媒体から再生されたデータのエラーデータを訂正するため、再生データに含まれるエラーデータを特定し得るエラーデータ訂正方法を提供することができる。

【0080】本発明によれば、主として、MRヘッドと

23

ヘッド媒体表面との一時的な接触・衝突による熱的過渡現象によるMR素子部の抵抗値の急激な変化に起因する再生エラー（読み取りエラー）を検出する手段を備えた磁気ディスク装置を提供することができる。更に本発明によれば、このような再生エラーを検出する手段を備え、更に、回復（リカバー）する手段を備えた磁気ディスク装置を提供することができる。

【0081】更に本発明によれば、磁気ディスク装置において再生エラーを検出する方法を提供することができる。更に本発明によれば、磁気ディスク装置において再生エラーを検出する方法及び回復する方法を提供することができる。更に本発明によれば、主として、MRヘッドとヘッド媒体表面との一時的な接触・衝突による熱的過渡現象によるMR素子部の抵抗値の急激な変化に起因する再生エラーを検出する手段を備えた磁気ディスク装置を提供することができる。

【0082】更に本発明によれば、このような再生エラーを検出する手段を備え、更に、回復する手段を備えた磁気ディスク装置を提供することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、本実施形態に係る磁気ディスク装置の全体構成を示す図である。

【図2】図2は、図1の磁気ディスク構成の内、TA発生によるエラー信号生成のための回路ブロックを示している。

【図3】図3は、全体として、磁気ディスク媒体上のデータフォーマットと再生回路の各種信号のタイミングチャートを示している。図3（A）は磁気ディスク媒体24上のデータフォーマットを示し、図3（B）は再生されたNRZデータを示し、図3（C）はリード・クロックRCLKを示し、図3（D）はリード・ゲート信号RGを示している。

【図4】図4は、上述したエラーデータに関するエラーデータの箇所及びエラーデータの長さの検出、かかるエラーデータのエラー訂正をいずれの方法で行うかの決定等に付いての動作フローチャートである。

【図5】図5は、全体として、TAが発生した場合のエラーデータの検出及びこの誤り訂正に関連する各種波形を説明する図である。ここで、図5（A）は磁気ディスク媒体上のデータフォーマットを示し、図5（B）はTAレベル比較回路の入力信号である、AGCアンプからのTA発生時の波形トランジェントを含むアナログ再生信号と閾値信号Thとの関係を示し、図5（C）はTAレベル比較回路の出力データを示し、図5（D）は、8/9デコード及びデ・スクランブラからのNRZデータを示し、図5（E）は、PLL回路からのリード・クロ

24

ックRCLKを示し、図5（F）は、リード・ゲートRGを示し、図5（G）はエラー信号生成回路の出力であるエラー信号を示し、図5（H）はカウンタ回路の出力を示している。

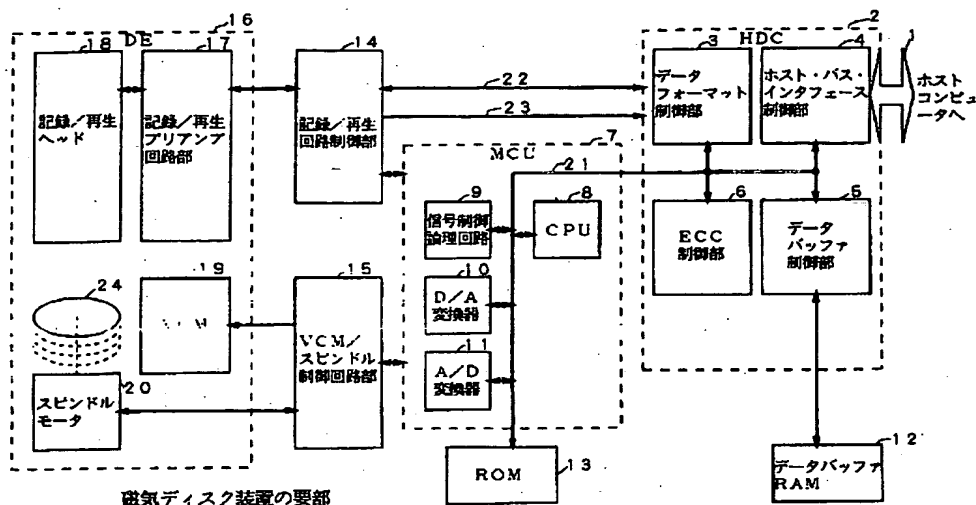
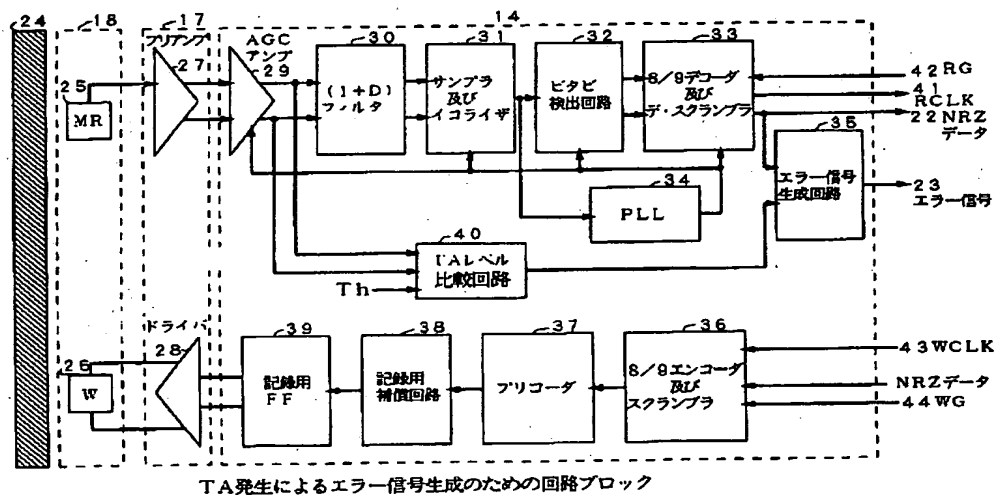
【図6】図6は、図1のハードディスク制御部の内部に設けられるカウンタ回路とレジスタ回路を示す。

【図7】図7（A）は磁気ディスク媒体上のデータフォーマットを示し、図7（B）は複数個のエラーが発生したときのこのデータフォーマットのNRZデータ部分を示し、図7（C）はエラーデータ1と2の丸め込みエラーデータを示し、図7（D）はエラーデータ1、2及び3の丸め込みエラーデータを示し、図7（E）はエラー信号を示している。

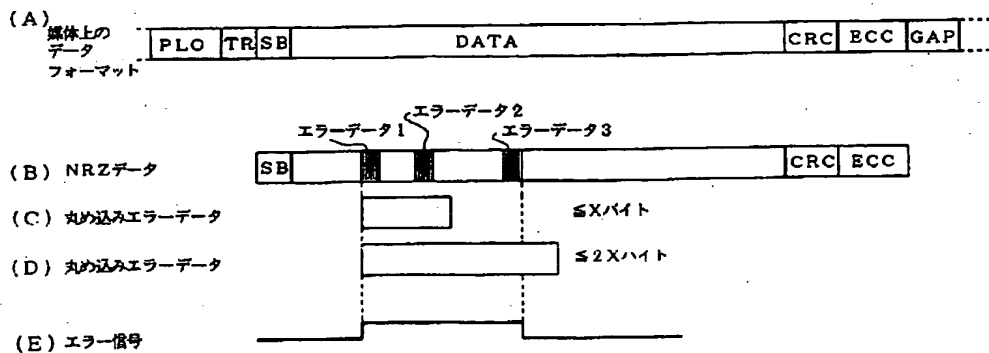
【図8】図8（A）は、8/9（0、4/4）の場合のデータ列の一例を示し、図8（B）はこのデータ列の偶数列のみを示し、図8（C）はこのデータ列の奇数列のみを示し、図8（D）はラッチエラー信号示し、図8（E）は四段シフトレジスタの出力を示す。

#### 【符号の説明】

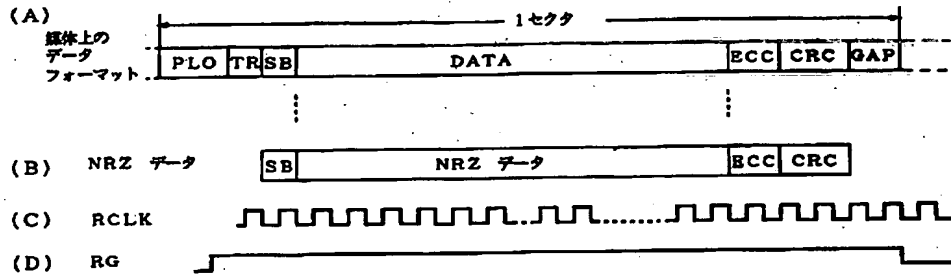
- 1：インターフェース、 2：ハードディスク制御部、  
3：ディスクフォーマット制御部、 4：ホストバスインター制御部、 5：データバッファ制御部、 6：ECC制御部、 7：マイクロ・コントローラ・ユニット（MCU）、 8：CPU、 9：信号制御回路部、  
10：D/A変換部、 11：A/D変換部、 12：データバッファRAM、 13：ROM、 14：記録再生制御回路部、 15：VCM/スピンドル制御回路部、 16：ディスク・エンクロージャ（DE）、 17：記録/再生プリアンプ回路部、 18：記録/再生ヘッド、 19：ボイス・コイル・モータ（VCM）、  
20：スピンドル・モータ、 21：バス制御信号、 22：NRZバス信号、 23：TA（サーマル・アスペリティ）発生エラー信号、 24：磁気ディスク媒体、 25：再生用MRヘッド、 27：再生用プリアンプ、 28：記録用ドライバ、 29：AGCアンプ、 30：1+Dフィルタ、 31：サンプラ及びビコライザ、 32：ビタビ検出回路、 33：8/9デコード及びデ・スクランブラ、 34：PLL、 35：エラー信号生成回路、 36：8/9エンコード及びスクランブラ、 37：プリコード、 38：記録用補償回路、 39：記録用FF、 40：TAレベル比較回路、 41：リードクロックR・CLK、 42：リードゲートRG、 43：ライトクロックW・CLK、 44：ライトゲートRG、 45：カウンタ回路、 46：レジスタ回路、


$$\begin{array}{r} 14 \\ 21 \end{array}$$


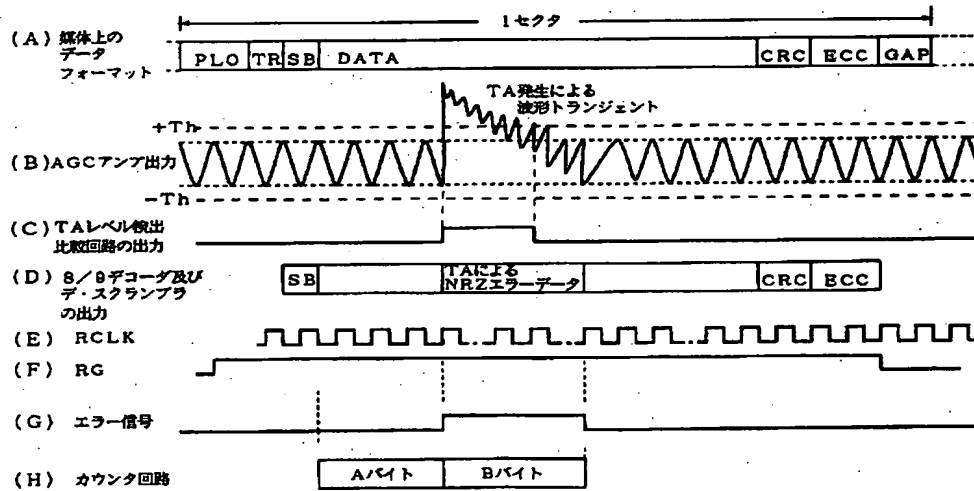
---



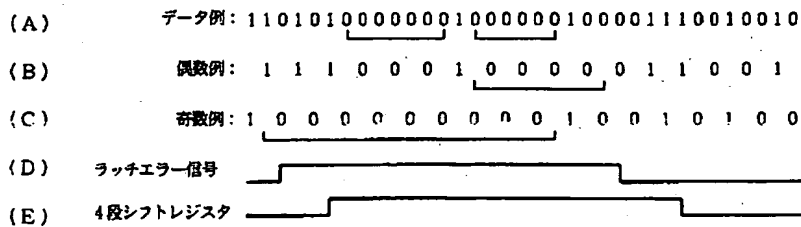
【図3】



【図5】



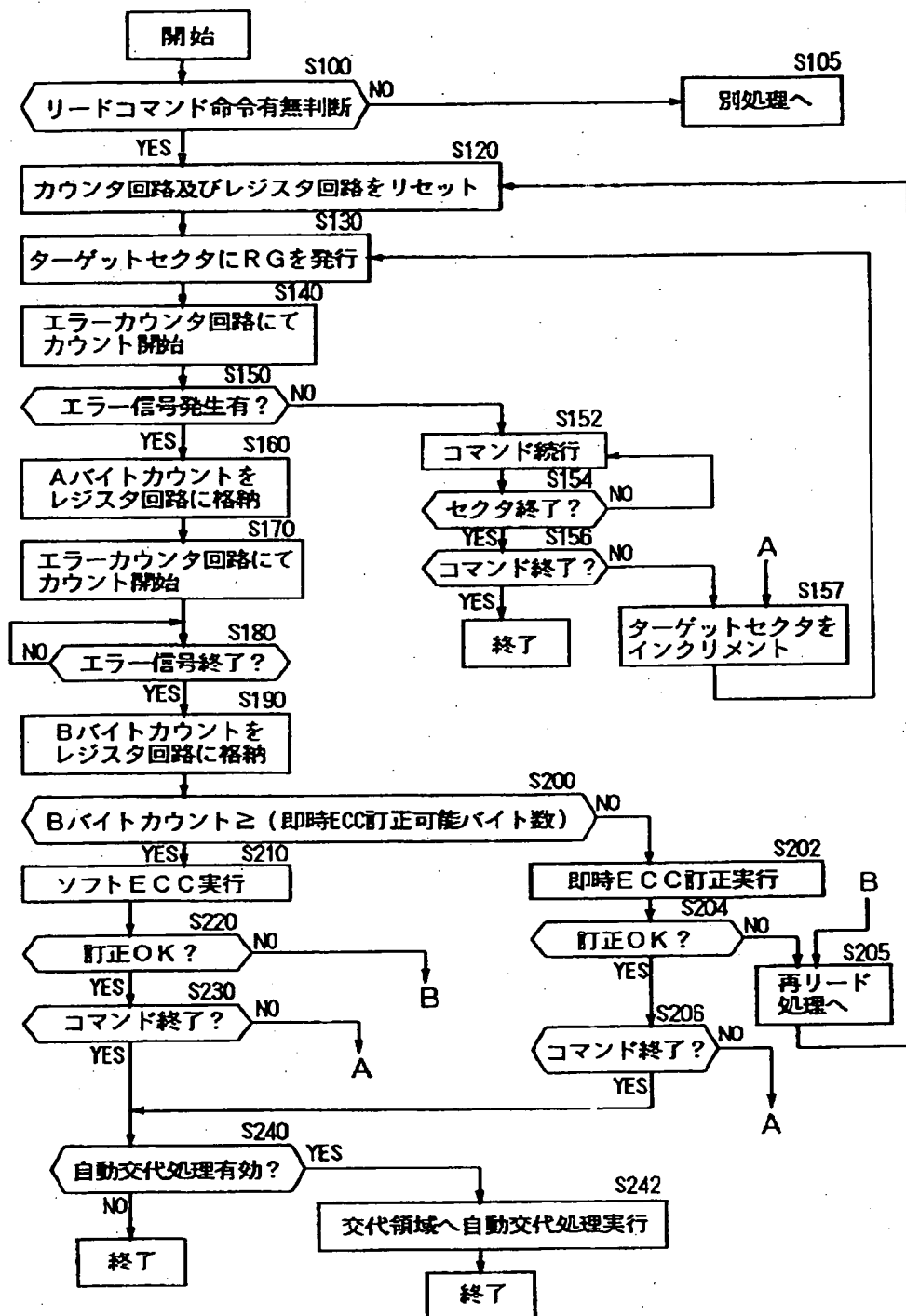
【図8】



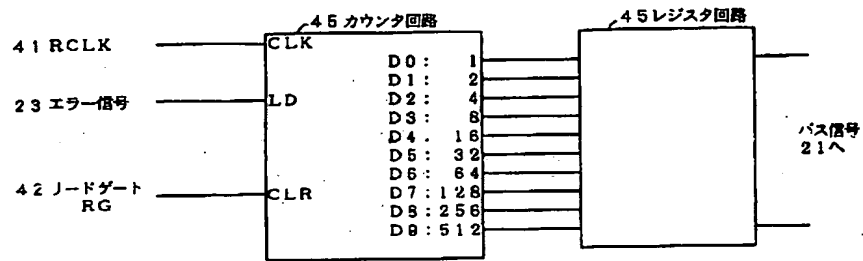
8/9 (0.4/4) の場合



【図4】



【図6】



エラー信号をカウントするカウンタ回路と  
カウントアップされた値を読み取るレジスタ回路

フロントページの続き

(51) Int. Cl. 6  
G 1 1 B 20/18

識別記号  
5 7 6

F I  
G 1 1 B 20/18

5 7 6 Z